

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ**  
**Кафедра Высшей математики**

Одобрено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 24.04.2023 No 23.4

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Численные методы*

---

для направления подготовки

12.03.01 Приборостроение

---

Образовательная программа:

Приборы и методы контроля качества и диагностики

---

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| <b>Коды компетенций</b> | <b>Результаты освоения ООП</b><br><i>Содержание компетенций</i>                                                                                                            | <b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УКЕ-1                   | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач                                             | Знать:<br>- основные математические подходы к решению различных физических задач<br>Уметь:<br>- создать математическую модель процесса, включающую запись соответствующих уравнений, функционалов и т.д.<br>Владеть:<br>- математическими методами решения задачи |
| УК-2                    | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | Знать:<br>оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений<br>Уметь:<br>- использовать математические методы в технических приложениях<br>Владеть:<br>- методами математического анализа и моделирования     |

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках базовой части. Индекс дисциплины – Б.02.04

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Математический анализ.
- Обыкновенные дифференциальные уравнения.
- Теория переноса нейтронов.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

| Вид работы                                                        | Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам) |       |            |         |     |       |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|------------|---------|-----|-------|
|                                                                   | Очная                                                  |       |            | Заочная |     |       |
|                                                                   | Семестр                                                |       |            | Курс    |     |       |
|                                                                   | № 4                                                    | Всего |            | № _     | № _ | Всего |
|                                                                   | Количество часов на вид работы:                        |       |            |         |     |       |
| <b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>             |                                                        |       |            |         |     |       |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                                 | 48                                                     |       | 48         |         |     |       |
| В том числе:                                                      |                                                        |       |            |         |     |       |
| лекции (лекции в интерактивной форме)                             | 32<br>(17)                                             |       | 32<br>(17) |         |     |       |
| практические занятия (практические занятия в интерактивной форме) |                                                        |       |            |         |     |       |
| лабораторные занятия                                              | 16                                                     |       | 16         |         |     |       |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                                   |                                                        |       |            |         |     |       |
| В том числе:                                                      |                                                        |       |            |         |     |       |
| зачет                                                             | -                                                      |       | -          |         |     |       |
| экзамен                                                           | 36                                                     |       | 36         |         |     |       |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся</b>                         |                                                        |       |            |         |     |       |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся(всего)</b>                  | 24                                                     |       | 24         |         |     |       |
| В том числе:                                                      |                                                        |       |            |         |     |       |
| проработка учебного материала                                     | 12                                                     |       | 12         |         |     |       |
| подготовка отчетов по лабораторным работам                        | 12                                                     |       | 12         |         |     |       |
| <b>Всего (часы):</b>                                              | <b>108</b>                                             |       | <b>108</b> |         |     |       |
| <b>Всего (зачетные единицы):</b>                                  | <b>3</b>                                               |       | <b>3</b>   |         |     |       |

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

| №<br>п/п | Наименование раздела /темы<br>дисциплины                                                                                 | Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам) |    |     |            |     |                        |    |     |            |     |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----|-----|------------|-----|------------------------|----|-----|------------|-----|
|          |                                                                                                                          | Очная форма обучения                                                |    |     |            |     | Заочная форма обучения |    |     |            |     |
|          |                                                                                                                          | Лек                                                                 | Пр | Лаб | Внеау<br>д | СРО | Лек                    | Пр | Лаб | Внеау<br>д | СРО |
| 1.       | <b>Конечно-разностная аппроксимация<br/>первых и вторых производных.</b>                                                 | 4                                                                   |    | 0   |            | 2   |                        |    |     |            |     |
| 1.1.     | Конечно-разностные методы<br>аппроксимации первых и вторых<br>производных.                                               | 2                                                                   |    | 0   |            | 1   |                        |    |     |            |     |
| 1.2.     | Метод неопределенных коэффициентов<br>для построения разностной<br>аппроксимации производных.                            | 2                                                                   |    | 0   |            | 1   |                        |    |     |            |     |
| 2.       | <b>Конечно-разностная аппроксимация<br/>одномерного уравнения<br/>теплопроводности с постоянными<br/>коэффициентами.</b> | 4                                                                   |    | 4   |            | 3   |                        |    |     |            |     |
| 2.1.     | Явная конечно-разностная схема.                                                                                          | 2                                                                   |    | 2   |            | 1   |                        |    |     |            |     |
| 2.2.     | Неявная конечно-разностная схема.                                                                                        | 2                                                                   |    | 2   |            | 2   |                        |    |     |            |     |
| 3.       | <b>Конечно-разностная аппроксимация<br/>одномерного уравнения колебания<br/>струны с постоянными<br/>коэффициентами.</b> | 4                                                                   |    | 4   |            | 3   |                        |    |     |            |     |
| 3.1.     | Явная конечно-разностная схема.                                                                                          | 2                                                                   |    | 2   |            | 1   |                        |    |     |            |     |
| 3.2.     | Неявная конечно-разностная схема.                                                                                        | 2                                                                   |    | 2   |            | 2   |                        |    |     |            |     |

|      |                                                                                                                                                                                   |   |  |   |  |   |  |  |  |  |  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|--|---|--|--|--|--|--|
| 4.   | <b>Вариационные методы решения краевых задач.</b>                                                                                                                                 | 4 |  | 0 |  | 2 |  |  |  |  |  |
| 4.1. | Метод Галеркина.                                                                                                                                                                  | 2 |  | 0 |  | 1 |  |  |  |  |  |
| 4.2. | Метод коллокации.                                                                                                                                                                 | 2 |  | 0 |  | 1 |  |  |  |  |  |
| 5.   | <b>Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.</b>                                     | 4 |  | 4 |  | 2 |  |  |  |  |  |
| 5.1  | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для плоской геометрии.                      | 2 |  | 2 |  | 1 |  |  |  |  |  |
| 5.2. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий. | 2 |  | 2 |  | 1 |  |  |  |  |  |
| 6.   | <b>Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами.</b>                                     | 4 |  | 0 |  | 4 |  |  |  |  |  |
| 6.1. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания                                                                                 | 4 |  | 0 |  | 2 |  |  |  |  |  |

|      |                                                                                                                                                                                   |           |  |           |  |           |  |  |  |  |  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--|-----------|--|-----------|--|--|--|--|--|
|      | струны с переменными коэффициентами для плоской геометрии.                                                                                                                        |           |  |           |  |           |  |  |  |  |  |
| 6.2. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий. | 4         |  | 0         |  | 2         |  |  |  |  |  |
| 7.   | <b>Метод матричной прогонки для решения двумерных разностных уравнений.</b>                                                                                                       | <b>4</b>  |  | <b>0</b>  |  | <b>2</b>  |  |  |  |  |  |
| 7.1. | Метод матричной прогонки.                                                                                                                                                         | 4         |  | 0         |  | 1         |  |  |  |  |  |
| 7.2. | Решение двумерного уравнения Пуассона методом матричной прогонки.                                                                                                                 | 4         |  | 0         |  | 1         |  |  |  |  |  |
| 8.   | <b>Продольно-поперечная схема для решения двумерных разностных уравнений.</b>                                                                                                     | <b>4</b>  |  | <b>5</b>  |  | <b>10</b> |  |  |  |  |  |
| 8.1. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения теплопроводности.                                                                                                     | 2         |  | 4         |  | 5         |  |  |  |  |  |
| 8.2. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения Пуассона.                                                                                                             | 1         |  | 0         |  | 5         |  |  |  |  |  |
|      | <b>Итого за 4 семестр:</b>                                                                                                                                                        | <b>32</b> |  | <b>16</b> |  | <b>60</b> |  |  |  |  |  |
|      | <b>Всего:</b>                                                                                                                                                                     | <b>32</b> |  | <b>16</b> |  | <b>60</b> |  |  |  |  |  |

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия /семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся, Внеауд.-внеаудиторные занятия.

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

##### Лекционный курс

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины                                                                        | Содержание                                                                                                                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | <b>Конечно-разностная аппроксимация первых и вторых производных.</b>                                         |                                                                                                                                                                               |
| 1.1. | Конечно-разностные методы аппроксимации первых и вторых производных.                                         | Простейшие методы конечно-разностных аппроксимаций производных. Порядок аппроксимации.                                                                                        |
| 1.2. | Метод неопределенных коэффициентов для построения разностной аппроксимации производных.                      | Метод неопределенных коэффициентов для построения разностной аппроксимации производных с высоким порядком точности.                                                           |
| 2.   | <b>Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами.</b> |                                                                                                                                                                               |
| 2.1. | Явная конечно-разностная схема.                                                                              | Построение явной разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами. Построение численного решения.                                     |
| 2.2. | Неявная конечно-разностная схема.                                                                            | Построение неявной разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами. Использование метода прогонки для построения численного решения. |
| 3.   | <b>Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения колебания струны с постоянными коэффициентами.</b> |                                                                                                                                                                               |
| 3.1  | Явная конечно-разностная схема.                                                                              | Построение явной разностной схемы для одномерного уравнения колебания с постоянными коэффициентами. Построение численного решения.                                            |
| 3.2  | Неявная конечно-разностная схема.                                                                            | Построение неявной разностной схемы для одномерного уравнения колебания струны с постоянными коэффициентами. Использование метода прогонки для построения численного решения. |
| 4.   | <b>Вариационные методы решения краевых задач.</b>                                                            |                                                                                                                                                                               |
| 4.1. | Метод Галеркина.                                                                                             | Использование разложения искомого решения в ряд по системе линейно-независимых функций.                                                                                       |
| 4.2. | Метод коллокации.                                                                                            | Использование разложения искомого решения в ряд по системе линейно-независимых                                                                                                |

|      |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                                                                                                   | функций и решение системы линейных уравнений для набора базовых точек.                                                                                     |
| 5.   | <b>Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.</b>                                     |                                                                                                                                                            |
| 5.1. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для плоской геометрии.                      | Построение конечно-разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности в плоской геометрии интегро-интерполяционным методом.                       |
| 5.2. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий. | Построение конечно-разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности в цилиндрической и сферической геометриях интегро-интерполяционным методом. |
| 6.   | <b>Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами.</b>                                     |                                                                                                                                                            |
| 6.1. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами для плоской геометрии.                      | Построение конечно-разностной схемы для одномерного уравнения колебания струны в плоской геометрии интегро-интерполяционным методом.                       |
| 6.2. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений                                                                                                                     | Построение конечно-разностной схемы для одномерного уравнения колебания струны в цилиндрической и сферической геометриях интегро-интерполяционным методом. |

|      |                                                                                                                     |                                                                                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий. |                                                                                                                               |
| 7.   | <b>Метод матричной прогонки для решения двумерных разностных уравнений.</b>                                         |                                                                                                                               |
| 7.1. | Метод матричной прогонки.                                                                                           | Решение систем линейных уравнений методом матричной прогонки.                                                                 |
| 7.2. | Решение двумерного уравнения Пуассона методом матричной прогонки.                                                   | Сведение конечно-разностного уравнения Пуассона к системе линейных матричных уравнений, решаемых методом матричной прогонки.  |
| 8.   | <b>Продольно-поперечная схема для решения двумерных разностных уравнений.</b>                                       |                                                                                                                               |
| 8.1. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения теплопроводности.                                       | Построение продольно-поперечной схемы для двумерного уравнения теплопроводности и построение численного решения.              |
| 8.2. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения Пуассона.                                               | Построение продольно-поперечной схемы для двумерного уравнения Пуассона и построение численного решения методом установления. |

### *Практические занятия*

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины                                                                        | Содержание                                                                                                          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | <b>Конечно-разностная аппроксимация первых и вторых производных.</b>                                         |                                                                                                                     |
| 1.1. | Конечно-разностные методы аппроксимации первых и вторых производных.                                         | Простейшие методы конечно-разностных аппроксимаций производных. Порядок аппроксимации.                              |
| 1.2. | Метод неопределенных коэффициентов для построения разностной аппроксимации производных.                      | Метод неопределенных коэффициентов для построения разностной аппроксимации производных с высоким порядком точности. |
| 2.   | <b>Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами.</b> |                                                                                                                     |

|      |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                               |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1. | Явная конечно-разностная схема.                                                                                                                              | Построение явной разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами. Построение численного решения.                                     |
| 2.2. | Неявная конечно-разностная схема.                                                                                                                            | Построение неявной разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами. Использование метода прогонки для построения численного решения. |
| 3.   | <b>Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения колебания струны с постоянными коэффициентами.</b>                                                 |                                                                                                                                                                               |
| 3.1  | Явная конечно-разностная схема.                                                                                                                              | Построение явной разностной схемы для одномерного уравнения колебания с постоянными коэффициентами. Построение численного решения.                                            |
| 3.2  | Неявная конечно-разностная схема.                                                                                                                            | Построение неявной разностной схемы для одномерного уравнения колебания струны с постоянными коэффициентами. Использование метода прогонки для построения численного решения. |
| 4.   | <b>Вариационные методы решения краевых задач.</b>                                                                                                            |                                                                                                                                                                               |
| 4.1. | Метод Галеркина.                                                                                                                                             | Использование разложения искомого решения в ряд по системе линейно-независимых функций.                                                                                       |
| 4.2. | Метод коллокации.                                                                                                                                            | Использование разложения искомого решения в ряд по системе линейно-независимых функций и решение системы линейных уравнений для набора базовых точек.                         |
| 5.   | <b>Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.</b>                |                                                                                                                                                                               |
| 5.1. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для плоской геометрии. | Построение конечно-разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности в плоской геометрии интегро-интерполяционным методом.                                          |
| 5.2. | Интегро-интерполяционный метод получения                                                                                                                     | Построение конечно-разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности в                                                                                              |

|      |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий.                                          | цилиндрической и сферической геометриях интегро-интерполяционным методом.                                                                                  |
| 6.   | <b>Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами.</b>                                     |                                                                                                                                                            |
| 6.1. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами для плоской геометрии.                      | Построение конечно-разностной схемы для одномерного уравнения колебания струны в плоской геометрии интегро-интерполяционным методом.                       |
| 6.2  | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий. | Построение конечно-разностной схемы для одномерного уравнения колебания струны в цилиндрической и сферической геометриях интегро-интерполяционным методом. |
| 7.   | <b>Метод матричной прогонки для решения двумерных разностных уравнений.</b>                                                                                                       |                                                                                                                                                            |
| 7.1. | Метод матричной прогонки.                                                                                                                                                         | Решение систем линейных уравнений методом матричной прогонки.                                                                                              |
| 7.2. | Решение двумерного уравнения Пуассона методом матричной прогонки.                                                                                                                 | Сведение конечно-разностного уравнения Пуассона к системе линейных матричных уравнений, решаемых методом матричной прогонки.                               |
| 8.   | <b>Продольно-поперечная схема для решения двумерных разностных уравнений.</b>                                                                                                     |                                                                                                                                                            |

|      |                                                                               |                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.1. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения теплопроводности. | Построение продольно-поперечной схемы для двумерного уравнения теплопроводности и построение численного решения.              |
| 8.2. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения Пуассона.         | Построение продольно-поперечной схемы для двумерного уравнения Пуассона и построение численного решения методом установления. |

### *Лабораторные занятия*

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины                                                                                                                        | Название лабораторной работы                                                                                                                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.   | Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами.                                                        |                                                                                                                                                  |
| 2.1. | Явная конечно-разностная схема.                                                                                                                              | Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение явной или неявной конечно-разностной схемы. Отладить ее и провести контрольные расчеты. |
| 2.2. | Неявная конечно-разностная схема.                                                                                                                            |                                                                                                                                                  |
| 3.   | Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения колебания струны с постоянными коэффициентами.                                                        |                                                                                                                                                  |
| 3.1. | Явная конечно-разностная схема.                                                                                                                              | Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение явной или неявной конечно-разностной схемы. Отладить ее и провести контрольные расчеты. |
| 3.2. | Неявная конечно-разностная схема.                                                                                                                            |                                                                                                                                                  |
| 5.   | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.                       |                                                                                                                                                  |
| 5.1. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для плоской геометрии. | Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение для неявной конечно-разностной схемы. Отладить ее и провести контрольные расчеты.       |
| 5.2. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений                                                                                                |                                                                                                                                                  |

|      |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                   |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий. |                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8.   | <b>Продольно-поперечная схема для решения двумерных разностных уравнений.</b>                                       |                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8.1. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения теплопроводности.                                       | Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение двумерного уравнения теплопроводности с использованием продольно-поперечной схемы. Определить начальные и граничные условия. Отладить ее и провести контрольные расчеты. |

**5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**  
Не имеются.

**6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

**6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине**

| № п/п                              | Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)         | Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка                                                                     | Наименование оценочного средства |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Текущий контроль, 7 семестр</b> |                                                                           |                                                                                                                                       |                                  |
| 1.                                 | Конечно-разностная аппроксимация первых и вторых производных              | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1) | лабораторная работа              |
| 2.                                 | Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности с | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать                                                                  | лабораторная работа              |

|    |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|    | постоянными коэффициентами                                                                            | <p>оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2)</p> <p>Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения (ОПК-1)</p> |                     |
| 3. | Конечно-разностная аппроксимация одномерного уравнения колебания струны с постоянными коэффициентами. | <p>Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2)</p> <p>Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной</p>                                                                      | лабораторная работа |

|    |                                                                                                                                       |                                                                                                                                           |                     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|    |                                                                                                                                       | деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения (ОПК-1) |                     |
| 4. | Вариационные методы решения краевых задач                                                                                             | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1)     | лабораторная работа |
| 5. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1)     | лабораторная работа |
| 6. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1)     | лабораторная работа |
| 7. | Метод матричной прогонки для решения двумерных разностных уравнений                                                                   | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1)     | лабораторная работа |

|                                          |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                     |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 8.                                       | Продольно-поперечная схема для решения двумерных разностных уравнений | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | лабораторная работа |
| <b>Промежуточный контроль, 4 семестр</b> |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                     |
|                                          | Зачет                                                                 | <p>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1)</p> <p>Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2)</p> <p>Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения (ОПК-1)</p> | Зачетный билет      |
| Всего:9                                  |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                     |

## 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

### 6.2.1. Зачет

а) типовые вопросы:

1. Разностные аппроксимации первой производной. Порядок аппроксимации.
2. Разностная аппроксимация второй производной. Порядок аппроксимации.
3. Разностная аппроксимация одномерного уравнения теплопроводности в декартовых координатах. Явная схема решения.
4. Разностные аппроксимации одномерного уравнения теплопроводности в декартовых координатах. Неявная схема решения.
5. Разностная аппроксимация одномерного уравнения колебания струны в декартовых координатах. Явная схема решения.
6. Метод итерации источника для решения одномерного многогруппового уравнения диффузии нейтронов.
7. Построение разностной схемы для решения двумерного уравнения Пуассона.
8. Построение разностной схемы и методы решения двумерного уравнения теплопроводности.
9. Метод переменных направлений для решения уравнения Пуассона.
10. Основные понятия статистических методов: дискретные и непрерывные случайные величины, плотности и функции распределения.
11. Решить методом Галеркина и методом коллокации краевую задачу

$$a \frac{d^2 u(x)}{dx^2} + b \frac{du(x)}{dx} + c \cdot u(x) = 0$$

$$u(0) = 0$$

$$u(2) = 1$$

$$a=-1 \quad b=-1 \quad c=1$$

В разложении использовать два члена. В методе коллокации использовать точки  $x=0.5$  и  $x=1.5$ . Результаты сравнить с точным решением в точках 0.25; 0.75; 1.0; 1.25 и 1.75.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний по зачету входят:

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

| Оценка           | Критерии оценки                                                            |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Отлично<br>36-40 | Студент должен:<br>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний |

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | программного материала;<br>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;<br>- правильно формулировать определения;<br>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;<br>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.                                                                                 |
| Хорошо<br>30-35                    | Студент должен:<br>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;<br>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;<br>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;<br>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу. |
| Удовлетворительно<br>25-29         | Студент должен:<br>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;<br>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;<br>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;<br>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.                                                                                         |
| Неудовлетворительно<br>24 и меньше | Студент демонстрирует:<br>- незнание значительной части программного материала;<br>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;<br>- существенные ошибки при изложении учебного материала;<br>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;<br>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.                                             |

### 6.2.2. Лабораторная работа №1

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение явной или неявной конечно-разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

13-15 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.

8-12 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

3-7 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы,

несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

8-15 баллов – лабораторная работа зачтена;

0-7 баллов – отчет о лабораторной работе отдается на доработку.

### **6.2.3. Лабораторная работа №2**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение явной или неявной конечно-разностной схемы для одномерного уравнения колебания струны с постоянными коэффициентами. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

13-15 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.

9-12 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

3-8 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

9-15 баллов – лабораторная работа зачтена;

0-8 баллов – отчет о лабораторной работе отдается на доработку.

### **6.2.5. Лабораторная работа №3**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение явной или неявной конечно-разностной схемы для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

13-15 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.

9-12 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

3-9 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

9-15баллов – лабораторная работа зачтена;

0-8баллов – отчет о лабораторной работе отдается на доработку.

#### **6.2.5. Лабораторная работа №4**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение двумерного уравнения теплопроводности с использованием продольно-поперечной схемы. Определить начальные и граничные условия. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

13-15 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.

9-12 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

3-9 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

9-15 баллов – лабораторная работа зачтена;

0-8 баллов – отчет о лабораторной работе отдается на доработку.

### **6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка №1 и контрольная точка № 2.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

## **7 Семестр**

| Вид контроля               | Этап рейтинговой системы<br>Оценочное средство | Балл         |          |
|----------------------------|------------------------------------------------|--------------|----------|
|                            |                                                | Минимум<br>м | Максимум |
| Текущий                    | <b>Контрольная точка № 1</b>                   |              |          |
|                            | лабораторная работа №1                         | 8            | 15       |
|                            | лабораторная работа №2                         | 9            | 15       |
|                            | <b>Контрольная точка № 2</b>                   |              |          |
|                            | лабораторная работа №3                         | 9            | 15       |
|                            | лабораторная работа №4                         | 9            | 15       |
| Промежуточный              | <b>Зачет</b>                                   |              |          |
|                            | Зачет                                          | 24           | 40       |
|                            | ...                                            |              |          |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b> |                                                | 60           | 100      |

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Устный опрос проводится на каждом практическом занятии и затрагивает как тематику прошедшего занятия, так и лекционный материал. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### ***а) основная учебная литература:***

1. Б. П. Демидович, И. А. Марон. Основы вычислительной математики. ЛАНЬ, Москва, 2011. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/2025/> (Дата обращения: 01.05.2014)
2. Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. Численные методы в задачах и упражнениях. ЛАНЬ, Москва, 2010. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/4399/> (Дата обращения: 01.05.2014)
3. Шевцов Г. С. Численные методы линейной алгебры [Электронный ресурс] : учебное пособие / Шевцов Г. С., О.Г. Крюкова, Мызникова Б. И. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 496 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1800](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1800)

### ***б) дополнительная учебная литература:***

1. Н.Н. Калиткин. Численные методы. Наука, Москва, 1978.
2. У.Г. Пирумов. Численные методы. Дрофа, Москва, 2003.
3. Л.И. Турчак, П.В.Плотников. Основы численных методов. Физматлит.Москва, 2002 г.
4. Г.И. Марчук. Методы вычислительной математики. ЛАНЬ, Москва, 2009. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/255/> (Дата обращения: 01.05.2014)
5. Численные методы : Учеб. пособие для вузов / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - 2-е изд. - М. : Наука. Физматлит : Лаборатория Базовых Знаний ; СПб. : Невский Диалект, 2002. - 632 с. - (Технический университет)  
Экземпляры: всего:48 - ХР(48)

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

<http://ibooks.ru/>  
<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru/>  
<http://kuperbook.biblioclub.ru>  
<http://www.studentlibrary.ru>  
<http://library.mephi.ru>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

| Вид учебных занятий  | Организация деятельности студента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция               | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. |
| Практические занятия | Группе задаётся определенная проблема для обсуждения и студенты по очереди высказывают предложения. Затем проходит обсуждение высказанных предложений с целью определить наиболее сильные и слабые решения. По результатам работы по конкретной проблеме группа представляет презентацию по заранее определённому формату.                                                                                                                                                           |
| Лабораторные занятия | При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться основами программирования в среде FORTRANFREE. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических основах применяемых для решения конкретных дифференциальных уравнений.                                                                                                                                                                                                                            |
| Подготовка к зачету  | При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, материал практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Важно добиться понимания изучаемой дисциплины.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

1. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
2. Интерактивное общение с помощью программы skype.

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Лекционные/практические занятия:

Учебная аудитория на 20 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

Лабораторные занятия:

Учебная аудитория на 10 рабочих мест оборудованными компилятором языка программирования FORTRANFREE.

## 12. Иные сведения и (или) материалы

### 12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)

Применяемые на практических занятиях

- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).
- Технология интерактивного обучения (метод работы в малых группах: групповое обсуждение кого-либо вопроса, направленное на достижение лучшего взаимопонимания и нахождения истины. Перед обучающимися ставится проблема, выделяется время, в течение которого они должны подготовить аргументированный ответ. Преподаватель может устанавливать правила проведения группового обсуждения задавать определённые рамки обсуждения, вводить алгоритм выработки общего мнения, назначать лидера и др. В результате группового обсуждения вырабатывается групповое решение совместно с преподавателем.)

| №<br>пп | Наименование<br>темы дисциплины                                                  | Вид занятий<br>(лекция,<br>семинары,<br>практические<br>занятия) | Количество<br>ак. ч. | Наименование активных и<br>интерактивных форм проведения<br>занятий |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1.      | Конечно-разностные<br>методы<br>аппроксимации<br>первых и вторых<br>производных. | лекции /<br>практические<br>занятия                              | 2                    | лекция-беседа                                                       |

|    |                                                                                                                                                                                  |                               |   |                                                             |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------------------------------------|
| 2. | Метод неопределенных коэффициентов для построения разностной аппроксимации производных                                                                                           | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа                                               |
| 3. | Явная конечно-разностная схема.                                                                                                                                                  | лекции / практические занятия | 4 | лекция-беседа, мозговой штурм, метод работы в малых группах |
| 4. | Неявная конечно-разностная схема.                                                                                                                                                | лекции / практические занятия | 4 | лекция-беседа, мозговой штурм, метод работы в малых группах |
| 5. | Метод Галеркина.                                                                                                                                                                 | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа                                               |
| 6. | Метод коллокации.                                                                                                                                                                | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа                                               |
| 7. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для плоской геометрии                      | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа, метод работы в малых группах                 |
| 8. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа, метод работы в малых группах                 |

|     |                                                                                                                                                                                  |                               |   |                                                             |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------------------------------------|
| 9.  | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами для плоской геометрии                      | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа, мозговой штурм                               |
| 10. | Интегро-интерполяционный метод получения разностных уравнений для одномерного уравнения колебания струны с переменными коэффициентами для цилиндрической и сферической геометрий | лекции / практические занятия | 4 | лекция-беседа, мозговой штурм                               |
| 11. | Метод матричной прогонки                                                                                                                                                         | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа, мозговой штурм                               |
| 12. | Решение двумерного уравнения Пуассона методом матричной прогонки                                                                                                                 | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа, мозговой штурм                               |
| 13. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения теплопроводности                                                                                                     | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа, мозговой штурм, метод работы в малых группах |
| 14. | Продольно-поперечная схема для решения двумерного уравнения Пуассона                                                                                                             | лекции / практические занятия | 2 | лекция-беседа                                               |

Программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего образования НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение.

Программу составил:

\_\_\_\_\_ В.В. Колесов, доцент отделения ЯФиТ, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент:

\_\_\_\_\_ Д.С. Самохин, доцент отделения ЯФиТ, к.т.н.

Программа рассмотрена на заседании отделения ЯФиТ  
(протокол № 1 от « 31 » августа 2020 г.)

Начальник отделения  
Ядерной физики и технологий  
\_\_\_\_\_ Д.С. Самохин  
« 31 » августа 2020 г.